

## 남강 농업용수의 시기별 수질변화†

이영한 · 김종균 · 이한생 · 조동진 · 조주식<sup>1)</sup> · 신원교

경상남도 농촌진흥원, <sup>1)</sup>경상대학교 공동실험실습관

### Changes in Agricultural Irrigation Water Quality in Nam River

Young-Han Lee, Jong-Gyun Kim, Han-Saeng Lee, Dong-Jin Cho, Ju-Sik Cho<sup>1)</sup>, and Yon-Kyo Shin(Gyeongnam Provincial Rural Development Administration, Chin Ju 660-379, Korea ; Central Laboratory, Gyeongsang National University, Chin Ju 660-701, Korea)

**Abstract :** To investigate chemical changes of agricultural water in Nam river used for the basic information. Samples were collected from seven sites along the Nam river and were analyzed for inorganic content from April to September in 1994~1995.

Average value of analyzed inorganic concentrations at seven sampling sites were pH 7.9, COD 7.3mg/l, NO<sub>3</sub>-N 1.2mg/l, Na<sup>+</sup> 6.2mg/l, Cl<sup>-</sup> 14.8mg/l, EC 0.13dS/m, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 0.21mg/l, K<sup>+</sup> 2.6mg/l, Ca<sup>2+</sup> 10.8mg/l, Mg<sup>2+</sup> 2.9mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 10.5mg/l, Fe<sup>3+</sup> 0.03mg/l and Zn<sup>2+</sup> 0.02mg/l. The monthly average value of COD, NO<sub>3</sub>-N, Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> showed highest peak in July 8.4~11.6, 1.1~1.7, 5.4~13.1 and 18.9~27.9mg/l. The highest region of average COD, NO<sub>3</sub>-N, Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> were Weola pumping station, 8.8~11.3, 1.6~2.4, 9.0~10.2 and 21.7~23.0mg/l. The ionic composition( $\Sigma A/\Sigma C$  : ratio between total equivalent of anions and cation) of Nam river was higher at Weola pumping station than other topography. The EC was positively correlated with K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

**Key words :** Agricultural water, Pollution, Inorganic content, Nam river

## 서 언

최근 산업의 급속한 발달, 도시화 경향 등으로 생태계 보전 및 인류 활동에 커다란 위협이 되고 있다. 실제 도시인구 급증에 따라 생활하수가 증가되고, 축산폐수 등으로 하천수질이 오염되고 있음이 밝혀져 있다<sup>1-7)</sup>. 환경부에서는 국토와 인류환경을 보전하기 위하여 1987년부터 5대강 유역의 수질과 토양오염을 조사하여 종합적 평가와 예측을 통해 적합한 보전대책을 추진하고 있다<sup>8-10)</sup>. 남강은 진주시 남강댐 하류에서 낙동강까지 유역 면적이 1,617Km<sup>2</sup>이며, 산청군, 진주시, 함안군, 의령군을 거쳐 낙동강과 합류하는 동안 생활하수, 공장폐수 및 농축산폐수 등으로 오염되어 수질환경기준으로 2등급 수준이다. 진주시를 중심으로한 서부 경남 지역의 개발은 남강하류의 오염을 더욱 가중시킬 것으로 예상되며, 이에 따른 연구 결과도 보고되어 있다<sup>11-14)</sup>. 본 시험은 남강수계 농업용수 수질변화를 조사하여 농작물 환경오염 대책연구의 기초자료로 활용하고 농민에 대한 영농참고자료로 활용코자 1994년에서 1995년까지 매년 4월부터 9월까지 남강수계 7개 지점을 조사한 결과이다.

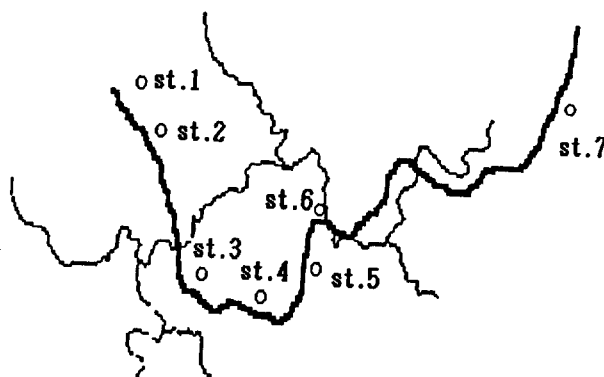


Fig. 1. Location map of sampling sites along the Nam River. St. 1 : Immediate down stream of Danseong bridge at Danseong-myeon, Sancheong-gun, St. 2 : Immediate down stream of Tohyun bridge at Danseong-myeon, Sancheong-gun, St. 3 : Immediate down stream of Namgang Dam at Sinan-dong, Chinju city, St. 4 : Dodong pumping station at Chanjae-dong, Chinju city, St. 5 : Immediate down stream of Gumsan bridge at Gumsan-myeon, Chinju city, St. 6 : Weola pumping station at Chiphyeon-myeon, Chinju city, St. 7 : Chumul pumping station at Popsu-myeon, Haman-gun.

† 본 논문은 농촌진흥청 '95 대형과제 연구비의 일부에 의하여 수행되었음.

## 재료 및 방법

## 조사 시기, 지점 및 수질 채취방법

조사시기는 1994~95년도 4월에서 9월까지 매월 중순에 채취하였고, 조사지점은 Fig. 1과 같이 남강 상류지점인 단성교, 토현교, 남강댐 밑, 뒤벼리양수장, 하류지점인 금산교, 월아양수장, 주물양수장 등 7개 지점을 수면하 약 20cm되는 곳에서 2ℓ 용량의 폴리에틸렌 통에 채취한 후 얼음상자에 넣어 운반하였다.

## 수질 분석방법

수질의 pH는 Orion 520pH meter, EC는 TOA Conduct meter로, NO<sub>3</sub>-N은 Kjeldahl중류법, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>는 Ammonium molybdate 비색정량법, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> 및 Fe는 원자흡광분석기(HITACHI 170-30), Cl<sup>-</sup>은 질산은 적정법, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 BaCl<sub>2</sub> 비탁법, COD는 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>산화법으로 측정하였다<sup>15-17)</sup>.

## 결과 및 고찰

시험기간중 월별 강우 특성은 Table 1과 같이 7월 하순에서 8월 중순까지 '94년도에는 상류지점인 산청군이, '95년도에는 진주시에서 집중적인 강우를 보였다.

남강의 각 성분함량을 1995년 4월에서 9월까지 조사한 결과는 Table 2와 같이 평균치로 비교하면 pH는 전체적으로 7.5 이상이었으며 8월이 8.27로 가장 높게 나타났다. 무기성분중 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 함량은 7월에 높게 나타났으며, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> 함량은 6월에 높게 나타났다. 모든 성분 분석치는 최소치와 최대치의 차이가 크게 나타나지 않았는데, 이는 남강수계 농업용수의 오염도가 월별로 크게 영향을 받지 않는 것으로 생각되었다.

조사지역별 1995년도 무기성분 분석은 Table 3과 같이 평균치로 비교하면 pH는 전지역에서 7.3이상의 높은 값을 보였는데 주물양수장이 8.28로 가장 높게 나타났다. PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>,

Table 1. Monthly precipitation of sampling sites along the Nam River.

(unit : mm)

Region	Year	Mar.	Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.	
			B*	A	B	A	B	A	B	A	B	A		
Sancheong-gun	'94	49	64	10	126	28	8	74	0	44	383	18	25	0
	'95	84	81	0	29	61	52	0	55	127	39	248	40	15
Chinju city	'94	41	103	8	115	56	4	39	0	44	138	16	9	3
	'95	72	132	1	50	67	82	2	74	136	454	147	36	22
Ueoryeong-gun	'94	30	75	15	78	68	4	76	0	40	79	11	6	6
	'95	57	125	0	79	75	71	7	98	132	89	166	20	23

\*B : Before sampling, A : After sampling.

Table 2. Monthly chemical concentrations from seven sites along the Nam River in 1995.

Month	pH	EC	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe	Zn	
		dS/m	mg/ℓ									
Apr.	Avg.	7.7	0.01	0.20	2.4	6.3	2.1	8.1	14.9	14.4	0.020	0.074
	Min.	7.5	0.06	0.05	2.1	2.1	1.1	6.1	12.0	7.0	0	0.040
	Max.	8.1	0.14	0.46	3.2	10.3	4.3	11.2	18.1	22.2	0.090	0.110
May	Avg.	8.2	0.12	0.14	3.3	7.4	5.3	7.0	18.1	13.1	0.017	0.004
	Min.	7.7	0.07	0.05	2.3	5.1	3.1	4.0	12.0	7.1	0	0
	Max.	9.2	0.19	0.36	4.2	11.2	9.1	14.1	27.2	26.0	0.040	0.010
Jun.	Avg.	8.0	0.16	0.19	3.9	7.7	3.6	5.0	17.3	13.4	0.004	0.010
	Min.	7.6	0.11	0.14	3.2	5.2	2.2	3.1	12.4	8.2	0	0.010
	Max.	8.7	0.23	0.35	5.1	13.1	6.1	9.3	23.1	25.1	0.020	0.010
Jul.	Avg.	7.9	0.14	0.23	3.4	9.0	3.7	5.4	18.9	13.9	0.013	0.006
	Min.	7.5	0.10	0.09	3.4	5.2	2.4	3.5	14.2	8.0	0	0
	Max.	8.1	0.21	0.53	4.2	14.1	7.1	9.1	16.4	24.1	0.060	0.010
Aug.	Avg.	8.3	0.12	0.11	3.3	5.4	2.9	4.1	16.1	8.4	0.021	0.001
	Min.	7.7	0.08	0.06	2.1	1.7	2.1	3.1	11.1	4.2	0	0
	Max.	8.8	0.21	0.34	5.4	9.4	7.4	6.2	23.2	13.1	0.100	0.010
Sep.	Avg.	7.7	0.10	0.13	3.6	4.9	3.4	3.7	13.0	9.7	0.009	0.006
	Min.	7.3	0.07	0.08	2.1	2.1	2.2	2.1	10.2	7.2	0	0
	Max.	8.0	0.14	0.22	5.2	10.2	7.1	5.3	18.0	16.1	0.060	0.040

Table 3. Chemical concentrations from seven sites along the Nam River in 1995.

Month		pH	EC	mg/l								
				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe	Zn
St. 1	Avg.	8.0	0.10	0.12	3.0	4.5	2.3	4.5	14.0	7.0	0.002	0.013
	Min.	7.5	0.06	0.06	2.1	2.1	1.1	4.1	11.1	5.1	nd	nd
	Max.	8.7	0.12	0.15	4.1	6.2	4.2	6.2	16.2	8.2	0.010	0.060
St. 2	Avg.	8.1	0.18	0.16	4.2	9.8	6.7	6.8	20.8	16.7	0.047	0.022
	Min.	7.8	0.14	0.06	3.4	1.4	4.2	5.2	16.0	13.0	nd	nd
	Max.	8.2	0.23	0.38	5.1	14.2	9.0	10.1	26.2	22.1	0.100	0.110
St. 3	Avg.	7.7	0.09	0.24	2.5	5.0	2.3	3.7	13.2	7.5	0.018	0.013
	Min.	7.6	0.07	0.06	2.2	2.2	2.2	3.2	10.1	4.3	nd	nd
	Max.	7.9	0.11	0.46	3.0	7.3	3.1	6.1	16.0	10.1	0.400	0.060
St. 4	Avg.	7.9	0.09	0.15	2.5	5.5	2.5	4.0	12.7	12.7	0.018	0.017
	Min.	7.6	0.08	0.05	2.1	3.1	2.0	2.2	10.1	6.2	nd	nd
	Max.	8.2	0.12	0.34	3.2	8.2	3.1	8.0	15.2	11.1	0.060	0.080
St. 5	Avg.	8.0	0.11	0.11	2.8	6.3	3.2	4.3	14.5	12.3	0.005	0.010
	Min.	7.7	0.09	0.05	2.1	4.1	2.1	3.1	12.0	6.0	nd	nd
	Max.	8.8	0.15	0.17	3.0	8.2	5.2	7.2	16.3	26.1	0.010	0.040
St. 6	Avg.	7.8	0.16	0.23	4.0	8.3	3.7	9.0	21.5	18.7	0.005	0.023
	Min.	7.3	0.12	0.11	3.1	5.1	2.4	5.2	17.2	12.2	nd	nd
	Max.	8.6	0.22	0.36	5.4	11.3	7.1	14.1	27.1	25.1	0.020	0.080
St. 7	Avg.	8.3	0.15	0.17	4.2	8.0	3.8	6.7	18.2	14.3	0.003	0.020
	Min.	7.7	0.12	0.06	3.3	6.2	2.0	4.0	14.0	8.1	nd	nd
	Max.	9.2	0.19	0.53	5.1	10.1	6.1	9.1	22.1	20.0	0.010	0.090

\*St. 1 : Immediate down stream of Danseong bridge, St. 2 : Immediate down stream of Tohyun bridge, St. 3 : Immediate down stream of Namgang Dam, St. 4 : Dodong pumping station, St. 5 : Immediate down stream of Gumsan bridge St. 6 : Weola pumping station, St. 7 : Chumul pumping station.

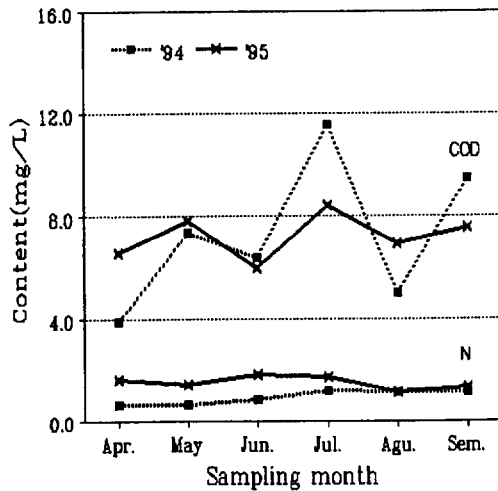


Fig. 2. Change of monthly NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and COD concentrations.

Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 함량은 월아양수장이 가장 높게 나타났는데 이는 진주시 생활하수 및 쓰레기 매립장의 침출수가 유입된 것으로 생각되었다.

시기별 COD는 Fig. 2와 같이 강우량이 적은 4~6월에 3.9~7.8mg/l로 나타난 반면, 여름철 하수량이 많은 7~8월에 5.0~11.6mg/l로 나타났으며, '94년도에 비해 '95년도는 4, 5, 8월이 높은 반면, 6, 7, 9월은 거의 비슷한 수준

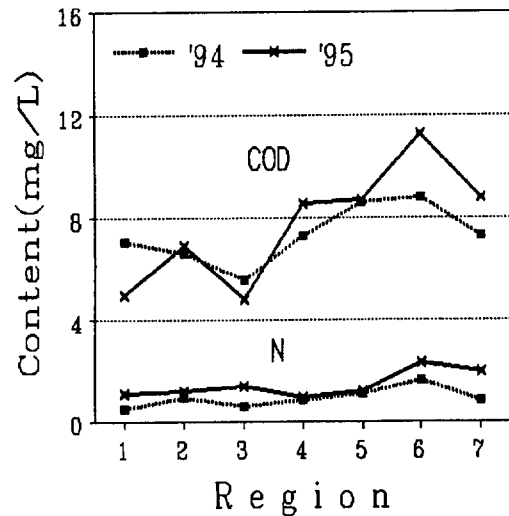


Fig. 3. Change of regional NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and COD concentrations.

이었다. 질소함량은 '94년도에 비해 증가하였으나 8월은 비슷한 수준이었으며, 전체적으로 1.8mg/l 이하로 나타났다. 조사지역별 COD는 Fig. 3과 같이 남강 상류인 단성교와 토현교 지점은 5.0~7.1mg/l로 음용수 기준치 이하로 나타난 반면, 월아양수장 지점이 '94년도에 8.8mg/l, '95년도에는 11.3mg/l로 가장 높게 나타났다. 이와같이 월아양수장 지점이 최악의 수질 상태를 나타낸 것은 진주시 초전동 쓰레기

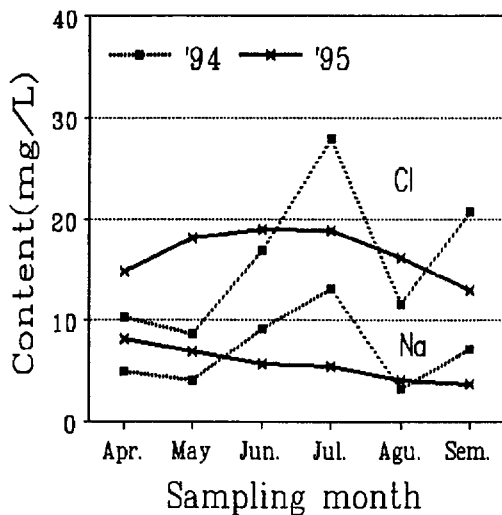
Table 4. Ionic composition of seven sites along the Nam River in 1995.

Topography	Anions				Cations					Ratio (A/C)
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sum(A)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Sum(C)	
St. 1	0.05	0.39	0.15	0.59	0.23	0.19	0.08	0.20	0.70	0.84
St. 2	0.06	0.59	0.35	1.00	0.49	0.55	0.11	0.30	1.45	0.75
St. 3	0.06	0.37	0.16	0.59	0.25	0.19	0.06	0.16	0.66	0.89
St. 4	0.05	0.36	0.18	0.59	0.28	0.21	0.06	0.17	0.72	0.82
St. 5	0.06	0.41	0.26	0.73	0.32	0.26	0.07	0.19	0.84	0.87
St. 6	0.11	0.61	0.39	1.11	0.42	0.30	0.10	0.39	1.21	0.92
St. 7	0.10	0.51	0.30	0.91	0.40	0.32	0.11	0.29	1.12	0.81

Table 5. Correlation coefficient of EC, Cl<sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> with other chemical components in Nam river.

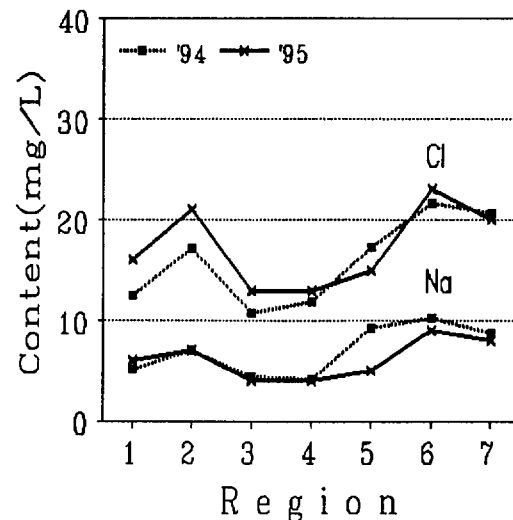
	Year	EC	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
EC	'95	—	0.111	0.790**	0.672**	0.703**	0.507**	0.872**	0.599**
	'94	—	0.174	0.280	0.768**	0.581**	0.752**	0.799**	0.731**
Cl <sup>-</sup>	'95	0.872**	0.143	0.636**	0.675**	0.693**	0.678**	—	0.652**
	'94	0.799**	0.010	0.400**	0.812**	0.662**	0.885**	—	0.892**
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	'95	0.599**	0.289	0.498**	0.637**	0.441**	0.685**	0.652**	—
	'94	0.731**	-0.035	0.519**	0.776**	0.605**	0.856**	0.892**	—

\*\* : significant at 1%(n=42).

Fig. 4. Change of monthly Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> concentrations.

매립장을 지나면서 침출수가 흘러내리다 월야양수장 지점이 곡류를 형성, 물이 갠히면서 상류에서 떠내려온 각종 오염 물질이 쌓여 부패한 때문인 것으로 생각되었다.

조사시기별 Na<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup> 농도는 Fig. 4와 같이 4~6월에 각각 4.1~8.2, 7.0~18.1mg/l로 나타난 반면, 7~8월에는 각각 3.3~13.1, 4.1~27.9mg/l를 나타냈다. 특히, '94년도 7월에는 강우량이 적고 축산폐수, 생활하수 등이 유입되어 Na<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup> 농도가 크게 증가되었으며, 7월 하순 이후의 집중강우로 농도가 희석되는 경향이였다. 조사지역별로 Na<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup> 농도는 Fig. 5와 같이 월야양수장이 각각 9.0~10.2, 21.7~23.0mg/l로 가장 높게 나타났으며, 상류지점인 단성교, 토현교 지점이 각각 5.1~7.0, 12.5~21.0mg/l였으나,

Fig. 5. Change of monthly Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> concentrations.

남강댐 밑 지점은 4.0~4.3, 10.8~13.0mg/l로 낮은 농도를 보였다. 이와 같은 결과는 댐의 하천 정화작용에 기인된 것으로 생각되었다.

남강의 조사지역별 음이온 및 양이온의 총당량과 비율은 Table 4와 같이 음이온의 총당량은 월야양수장 지점이 가장 높았으며, 양이온의 총당량은 토현교 지점이 가장 높게 나타났다. 양이온의 당량은 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>순으로 높았고 음이온의 당량은 Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub>-N 순으로 높았으며, 음이온과 양이온의 총당량 비율은 음이온이 상대적으로 높은 월야양수장 지점이 가장 높았다.

년도별 남강의 무기성분중 EC, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>에 대한 각 성분과의 관계는 Table 5와 같다. EC는 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>를 제외한 Cl<sup>-</sup>,

$K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$  그리고  $Mg^{2+}$  함량과 정의 상관성이 있는 것으로 나타났다. 년도별로 EC에 미치는 무기성분은 '94년도에  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$  이온이, '95년도에  $Cl^-$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  이온이 크게 관여한 것으로 나타났다.  $Cl^-$ 은 EC,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  그리고  $K^+$ 와 정의 상관성이 있었으며, 특히 EC와 고도의 상관성이 있었다.

**요 약**

남강수계 농업용수의 수질변화를 구명하기 위하여 1994년에서 1995년까지 매년 4월부터 9월까지 남강수계 7개 지점을 조사한 결과는 다음과 같다.

무기성분 평균치는 pH 7.9, COD 7.3mg/l,  $NO_3-N$  1.2mg/l,  $Na^+$  6.2mg/l,  $Cl^-$  14.8mg/l, EC 0.13dS/m,  $PO_4^{3-}$  0.21mg/l,  $K^+$  2.6mg/l,  $Ca^{2+}$  10.8mg/l,  $Mg^{2+}$  2.9mg/l,  $SO_4^{2-}$  10.5mg/l,  $Fe^{3+}$  0.03mg/l and Zn 0.02mg/l 였다. 월별 무기성분 평균치는 7월에 COD 8.4~11.6mg/l,  $NO_3-N$  1.1~1.7mg/l,  $Na^+$  5.4~13.1,  $Cl^-$  18.9~27.9mg/l로 가장 높게 나타났으며, 조사지역별로는 월야양수장 지점이 COD 8.8~11.3mg/l,  $NO_3-N$  1.6~2.4mg/l,  $Na^+$  9.0~10.2mg/l,  $Cl^-$  21.7~23.0mg/l로 가장 높게 나타났다. 무기성분간의 음이온당량과 양이온당량 비율은 월야양수장 지점이 다른 지점보다 높게 나타났다. 주요성분중 EC는  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ 과  $SO_4^{2-}$  함량과 고도의 정의상관이 있었다.

**참고문헌**

1. 최언호, 이수래(1982). 낙동강 중류수계의 수질조사 연구 (1978~80년), 한국환경농학회지 1(1) : 31~38.
2. 하호성, 허종수(1989). 김해평야 관개수 오염도가 벼 영양생리에 미치는 영향 - 질소양분 공급과 수량을 중심으로. 한국환경농학회지. 8(2) : 93~102.

3. 김한태, 권순국(1993). 농촌유역에서의 수질오염 특성에 관한 연구, 한국환경농학회지 12(2) : 129~143.
4. 이춘희, 하호성, 이한생, 전성건(1985). 낙동강 하류 관개수질이 벼 생육에 미치는 영향. 한토비지. 18(1) : 72~77.
5. 이재구, 경기성, 김학남, 오경석(1990). 무심천 수질오염 실태와 그 방지책 I. 하계절의 수질 오염 분석. 한국환경농학회지. 9(1) : 23~30.
6. 한강완, 조재영, 김성조(1997). 금강유역 농업지대의 토양 및 수질오염, 한국환경농학회지, 16(1) : 19~24.
7. 전라북도(1995). 수질보전대책 종합보고서(만경강, 동진강, 섬진강, 금강).
8. 한국수자원공사(1993). 금강, 영산강, 섬진강유역 용수 이용현황조사 자료집.
9. 농림수산부(1995). 농림수산통계연보.
10. 환경부(1994). 한국환경연감.
11. 전성건, 이춘희, 이한생, 신원교(1991). 하수유입이 남강델 하류 수질의 동적변화에 관한 조사연구. 농시논문집 (토양비료편). 33(1) : 86~91.
12. 최형섭, 박태주, 허종수(1995). 남강의 수질예측을 위한 QUAL2E모델 적용. 한국환경농학회지. 14(1) : 7~22.
13. 하호성, 허종수(1983). 진주시 생활하수가 남강 수질오염에 미치는 영향, 한국환경농학회지 2(2) : 90~97.
14. 김철수, 오진환(1988). 남강의 수질과 식물성 플랑크톤의 분석. 경상대학부설 농업연구소보. 22(2) : 47~60.
15. 환경처(1991). 수질오염공정시험방법.
16. William Horwitz.(1980). Methods of analysis of the association of official analytical chemists. A.O.A.C. : 550~552.
17. APHA-AWWA-WPCF. 1992. Standard methods for the examination of water and waste water. 18th. Washington, DC.